

二酸化炭素とクエン酸の併用による 木灰コンクリートの分解

氏名 濱田紘輝 指導教員 大内 雅博

高知工科大学 システム工学群 建築・都市デザイン専攻

1. はじめに

高知工科大学コンクリート研究室では、木灰と水のみを原料とした木灰コンクリートの開発が進められている。木灰コンクリートの主な課題は、材料としての強度発現と、使用後の自己崩壊と分解の二点である。

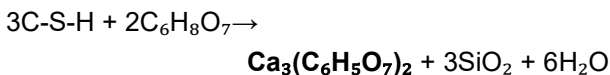
本研究では、使用後の破壊・分解に着目し、より効果的な分解方法について検討を行う。

自然環境中に存在する分解要因として、二酸化炭素および植物根から分泌される有機酸であるクエン酸を設定した。木灰コンクリートの強度を担う主要ケイ酸カルシウム水和物(以降「 $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 」)は、二酸化炭素によって炭酸カルシウムへと炭酸化され、またクエン酸によってクエン酸カルシウムとして溶解・固定化され、それぞれ以下の反応式で表される。

(二酸化炭素)



(クエン酸)



本研究では、これら単独および併用した場合の分解挙動を定量化・比較し、併用処理の有効性を検討した。

2. 試験方法

表-1 および表-2 に本研究で用いた供試体の材料および配合表を示す。供試体に対して、水道水浸漬、大気曝露、炭酸ガス曝露、炭酸水浸漬、クエン酸水溶液(濃度 0.5%, 2%) およびクエン酸水溶液(濃度 0.5%) と炭酸ガスまたは炭酸水の併用条件で処理を行った。各浸漬条件において、処理後の溶液をろ過し、個体として残った試料のみを回収した。試験期間は7日および28日とした。

分解の定量化には熱分析装置(TG-DTA)を用い、曝

露条件では大気曝露試料を、浸漬条件では水道水浸漬条件を基準試料とした差分から、ケイ酸カルシウム水和物分解率を評価した。評価温度範囲は炭酸化処理で700~900℃、クエン酸処理で200~500℃とした。炭酸化処理では、生成された炭酸カルシウムが高温域で熱分解し二酸化炭素を放出するため、炭酸化が進行した試料ほどTGにおける質量減量が大きくなる。このため、炭酸化による反応量は処理後の質量減量率から基準試料の質量減量率を差し引いた値で評価し、次式で定義した。

$$\Delta m_{\text{diff}} = \Delta m_{\text{after}} - \Delta m_{\text{before}}$$

一方、クエン酸処理ではケイ酸カルシウム水和物が溶解・分解され、TGで分解可能な成分量が減少する。その結果、反応が進行した試料ほど質量減量率は小さくなる。したがって、クエン酸による分解量は基準試料の質量減量率から処理後の質量減量率を差し引いた値で評価し、次式で定義した。

$$\Delta m_{\text{diff}} = \Delta m_{\text{before}} - \Delta m_{\text{after}}$$

このように、各処理において質量減量が増加するか減少するかの違いに基づき、差分の定義を変更して定量化した。

表-1 使用材料

材料	概要
水	水道水
木灰	飛灰 密度2.29g/cm ³
	主灰 密度2.34g/cm ³
細骨材	未粉碎主灰 密度2.03g/cm ³
粗骨材	碎石 密度2.7g/cm ³
減水剤	シーカビスコクリート SP 8 SV

表-2 コンクリート配合表(水比 50%)

単位水量 (kg/m ³)	水 (kg/m ³)	飛灰 (kg/m ³)	粉碎主灰 (kg/m ³)	未粉碎主灰 (kg/m ³)	砕石 (kg/m ³)
180	242	395	272	317	1084

3. ケイ酸カルシウム水和物分解率の比較

図-1 に炭酸化処理、図-2 にクエン酸処理における期間別分解率を示す。炭酸化処理では、7 日の時点で高い分解率を示す条件が多く、その後 28 日では増加が停滞または減少した。誤差棒が重なる条件が多く、処理間の明確な差は確認できなかった。

一方、クエン酸処理では時間経過に伴い分解率が増加する傾向が見られた。単独処理でも分解は進行したが、誤差範囲を考慮すると処理条件間の差は限定的であった。

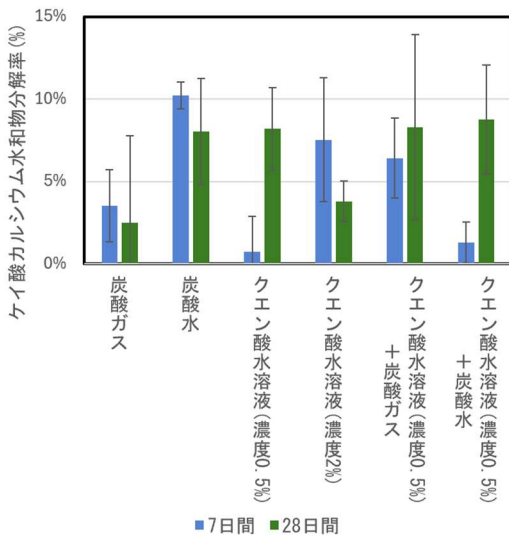


図-1 炭酸化処理における期間別
ケイ酸カルシウム水和物分解率

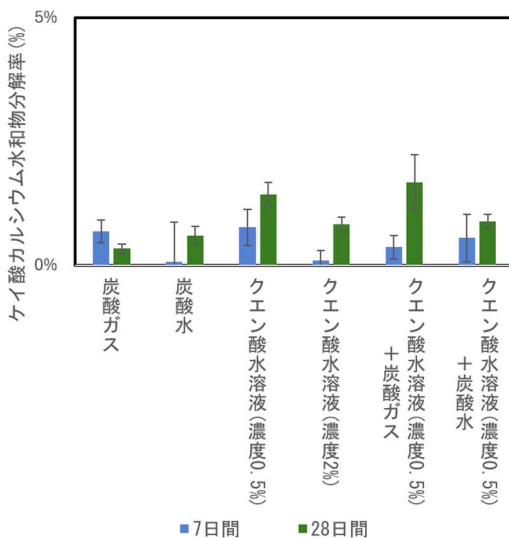


図-2 クエン酸処理による期間別
ケイ酸カルシウム水和物分解率

4. 試験別のケイ酸カルシウム水和物分解率の比較(28日時点)

図-3 に 28 日後の分解率を処理条件別に比較した結果を示す。炭酸化処理は平均値として高い分解率を示し、ケイ酸カルシウム水和物分解の主要な要因であることが示唆された。

クエン酸単独処理でも分解は進行し、濃度 0.5% の条件では炭酸化処理に近い値を示した。

併用処理は平均値として最も高い分解率を示したが、誤差範囲を考慮すると単独処理との明確な差はみられなかった。ただし、炭酸化による初期分解とクエン酸による継続的な作用を同時に利用できる点で、併用処理が分解促進に有効である可能性がある。

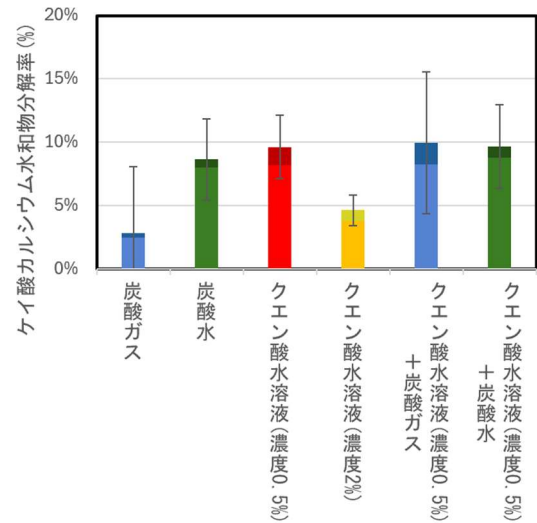


図-3 各処理におけるケイ酸カルシウム
水和物分解率の比較(28日時点)

5. 結論

- 1) 炭酸化処理はケイ酸カルシウム水和物分解に大きく関与し、短期間で分解を引き起こした。
- 2) クエン酸処理は時間の経過に伴う分解の進行が見られた。
- 3) 併用処理は高い平均分解率を示したが、ばらつきが大きく明確な差は示せなかった。

【参考文献】

綿貫 開: 二酸化ケイ素の反応を考慮した 木灰コンクリートの強度発現のメカニズム、2023 年度高知工科大学修士論文